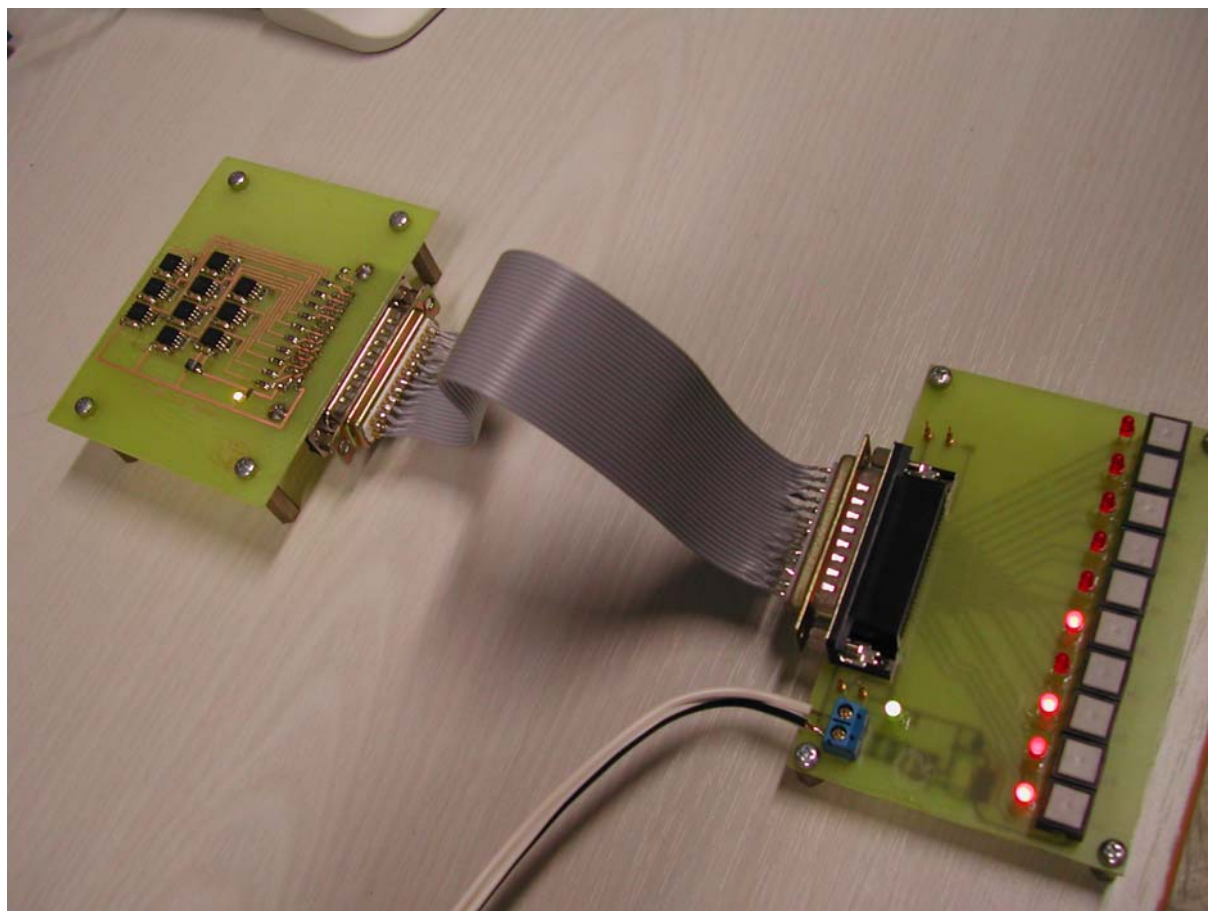


OSCAR

Procesory v družicích

V souvislosti s vývojem družice AMSAT PHASE 3E jsme se museli začít systematicky zabývat odolností elektronických prvků vůči kosmickému záření. Nejchoulostivějšími prvky v tomto smyslu jsou procesory a paměti. Pro dosažení malé spotřeby elektrické energie se používají tyto prvky vyrobené technologií CMOS. Na rozdíl od předchozích družic u kterých byl jediným procesorem CPU (Central Processor Unit) v palubním počítači IHU (Internal Housekeeping Unit) technologicky upravený a velmi dobře vyzkoušený procesor COSMAC 1802, bude procesorů a pamětí v družici PHASE 3E více. Je to dáno použitím univerzální adresovatelné sběrnice CAN pro řízení jednotlivých modulů. Tato koncepce podstatně zjednoduší vnitřní kabeláž družice. Znamená to však, že v každém modulu bude nejméně jeden procesor (Atmel T89C51CC01) v komunikačním rozhraní CAN. Další procesory budou v některých modulech využívajících frekvenční syntezátory s tří vodičovým sériovým řízením. To je i případ modulu vyvíjeného na našem pracovišti – Ústavu radioelektroniky FEKT VUT v Brně. Jedná se o dvou frekvenční přijímač v pásmu L (23 cm) s detektorem povelů. Pro řízení frekvenčního syntezátoru (National Semiconductor LMX1601) jsme použili procesor typu 12C58. Nezodpovězenou otázkou bylo, zda je tento procesor dostatečně odolný proti záření při dlouhodobé činnosti v kosmickém prostoru. Mezitím proběhly zkoušky procesoru pro modul CAN na Univerzitě ve Virginii. Dr. Stacey Mills, W4SM exponoval postupně po přesných dávkách tento modul a zjistil, že procesor přestal pracovat při 60 kRads. To už je dostatečná hodnota pro dlouhodobou funkci v kosmu.



Obr. 1. Přípravek s deseti procesory PIC 12C58 pro zkoušky odolnosti proti kosmickému záření

Pro zkoušky našeho procesoru 12C58 jsme navrhli přípravek s deseti stejnými procesory, obr. 1. Aby byla kontrola činnosti při zkoušce co nejjednodušší, napsali jsme kód tak, aby byly ve smyčce postupně kontrolovány všechny registry a výstupní porty procesoru, přičemž bezchybná funkce je indikována blikající LED. Zkoušky byly provedeny opět Dr. Stacey Millsem na Universitě ve Virginii pomocí přesně kalibrovaného cesiového zdroje záření gama. Test dopadl překvapivě dobře. Ještě při dávce 80 kRads pracovaly všechny procesory. Při úrovni 90 kRads přestaly pracovat procesory #1,4,5,8 a 10. Po zvýšení dávky na 100 kRads přestal dále pracovat #9. Při této expozici jsme test ukončili s tím, že procesory #2,3,6 a 7 jsou stále funkční. Na tomto základě můžeme konstatovat, že tyto procesory jsou vysoce odolné proti účinkům měkkého kosmického záření a lze je pro danou aplikaci považovat za vhodné.

KEPLERIANSKÉ PRVKY

NAME	EPOCH	INCL	RAAN	ECCY	ARGP	MA	MM	DECY	REVN
AO-07	5033.75798	101.65	82.58	0.0012	135.48	224.73	12.53571	-2.8E-7	38280
AO-10	5032.28650	27.03	48.87	0.6032	161.75	236.05	2.05867	4.2E-7	16273
UO-11	5034.06959	98.20	28.99	0.0010	73.28	286.96	14.79150	9.8E-7	12197
RS-10/11	5033.91146	82.93	337.46	0.0013	44.98	315.24	13.72753	2.4E-7	88265
FO-20	5034.45225	99.02	234.11	0.0540	182.71	177.10	12.83344	-4.8E-7	70234
RS-12/13	5034.00380	82.92	10.47	0.0031	92.62	267.85	13.74446	1.3E-7	70206
RS-15	5034.30269	64.82	324.08	0.0161	339.72	19.73	11.27551	-3.9E-7	41629
FO-29	5033.76075	98.57	101.37	0.0351	164.51	196.71	13.52909	1.3E-7	41801
SO-33	5033.53906	31.43	73.65	0.0355	69.19	294.64	14.27962	2.8E-6	32756
AO-40	5031.17522	8.72	322.57	0.7965	3.18	359.66	1.25586	-2.4E-6	1954
UO-14	5034.05193	98.20	51.25	0.0010	231.73	128.30	14.31396	-1.5E-7	78484
AO-16	5033.66176	98.22	65.99	0.0010	240.78	119.24	14.31657	5.0E-8	78484
WO-18	5034.79156	98.23	71.30	0.0011	238.27	121.74	14.31733	4.4E-7	78506
LO-19	5034.61593	98.24	75.44	0.0011	238.90	121.11	14.31904	2.1E-7	78510
UO-22	5034.11804	98.23	4.64	0.0008	129.75	230.44	14.39459	7.4E-7	71121
KO-23	5033.72503	66.09	68.05	0.0015	288.13	71.82	12.86428	-3.7E-7	58629
AO-27	5034.40052	98.25	37.01	0.0008	301.72	58.32	14.29112	3.5E-7	59211
IO-26	5033.61455	98.24	37.56	0.0008	305.07	54.97	14.29351	2.6E-7	59206
KO-25	5033.57138	98.24	37.74	0.0009	279.01	81.01	14.29667	-4.1E-7	56028
GO-32	5033.63939	98.54	102.61	0.0001	185.05	175.07	14.23069	1.3E-6	34119
UO-36	5034.34329	64.56	334.74	0.0038	229.07	130.71	14.78462	3.2E-7	31203
SO-41	5033.92039	64.56	351.31	0.0036	328.22	31.68	14.80009	1.9E-6	23505
MO-46	5034.10054	64.56	335.02	0.0034	317.30	42.55	14.82609	3.3E-6	23540
SO-42	5034.21448	64.56	358.30	0.0037	335.14	24.80	14.78892	1.8E-6	23494
NO-44	5034.39332	67.05	212.37	0.0007	261.56	98.47	14.29359	-1.7E-6	17464
AO-49	5034.42977	64.56	182.00	0.0086	266.31	92.82	14.72031	4.2E-7	11416
SO-50	5033.96455	64.56	188.32	0.0087	265.34	93.78	14.70875	2.6E-6	11399
AO-51	5034.68884	98.23	102.43	0.0083	274.53	84.64	14.40432	2.7E-7	3139
NOAA-10	5034.35810	98.76	39.80	0.0013	158.83	201.34	14.27239	1.3E-7	95600
NOAA-11	5034.41541	98.85	122.63	0.0011	331.83	28.23	14.14751	2.0E-6	84401
NOAA-12	5034.39163	98.69	25.87	0.0014	97.57	262.70	14.25446	-3.5E-7	71318
MET-3/5	5033.71081	82.55	253.65	0.0013	207.54	152.51	13.17001	5.1E-7	64761
MET-2/21	5033.90597	82.55	7.50	0.0023	137.96	222.34	13.83580	7.4E-7	57700
OKEAN-4	5034.20278	82.54	22.30	0.0021	214.75	145.23	14.82054	3.7E-6	55606
NOAA-14	5034.36773	99.11	80.39	0.0009	22.95	337.21	14.13535	7.2E-7	52059
SICH-1	5034.26811	82.53	163.08	0.0024	199.34	160.69	14.81076	4.4E-6	50813
NOAA-15	5034.26289	98.52	46.66	0.0011	34.91	325.28	14.24486	3.7E-7	34968
RESURS	5034.50366	98.56	107.43	0.0002	154.80	205.33	14.24050	5.2E-7	34142
FENGYUN1	5034.47163	98.61	41.61	0.0015	120.79	239.48	14.11789	-3.0E-7	29564
OKEAN-0	5034.22945	97.77	65.92	0.0000	61.08	299.05	14.73199	1.3E-6	29828
NOAA-16	5034.31336	99.00	352.11	0.0011	86.54	273.71	14.12203	-6.4E-7	22516
NOAA-17	5034.33195	98.67	109.80	0.0013	86.16	274.10	14.23627	-4.3E-7	13579
HUBBLE	5034.62382	28.47	58.95	0.0004	298.09	61.93	14.99572	7.0E-6	61017
UARS	5034.11325	56.98	13.51	0.0007	92.72	267.45	15.03751	2.5E-6	73332
PO-34	5034.29321	28.46	127.32	0.0006	207.26	152.77	15.16080	8.9E-6	34624
ISS	5035.01080	51.64	221.90	0.0009	64.92	73.62	15.70570	7.0E-4	35474
OO-38	5034.11357	100.23	229.50	0.0037	72.98	287.54	14.35699	-6.0E-7	26305
NO-45	5034.44194	67.06	211.90	0.0009	272.13	87.88	14.29468	-8.4E-7	17468

OK2AQK